

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕГУЛЮЮЧОГО ПРИСТРОЮ З ЗРУЧНООБТІЧНИМИ ВИКОНАВЧИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ НА ВТРАТИ ТИСКУ В КОЛІНІ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

Г.С. Ратушняк, к.т.н., Р.В. Степанковський, аспірант

Вінницький національний технічний університет,

вул. Хмельницьке шосе, 95, 21021, м. Вінниця, Україна

Вступ

Для зміни напрямку руху чистого повітря (в системі вентиляції) та повітря разом з різного роду домішками (в система аспірації та пневмотранспорту) без розділення потоку використовуються коліна, відводи, які створюють значний опір протіканню робочого середовища та сприяють утворенню суттєвих втрат тиску в мережі. Основна частина втрат тиску в колінах та відводах виникає внаслідок вихроутворення біля внутрішньої стінки, яке разом з вторинними потоками визначає в основному і характер розподілення швидкостей за поворотом [1].

Найбільший опір в коліні створюється у тому випадку, коли кромка згину на внутрішній частині гостра, тобто радіус заокруглення внутрішньої стінки $r_0=0$ і відрив течії від даної стінки відбувається найбільш інтенсивно. Заокруглення зовнішньої стінки при збереженні внутрішньої кромки гострою $r_0=0$ не призводить до суттєвого зниження опору коліна.

Метою роботи є дослідження впливу регулюючого пристрою з зручнообтічними виконавчими елементами на втрати тиску в коліні вентиляційної системи без зміни конструктивних рішень самого коліна.

Основна частина

Дослідження розподілу поля швидкостей та тисків у коліні та після нього свідчать, що найбільш інтенсивне вихроутворення виникає за гострою кромкою та напроти неї, біля зовнішньої частини коліна. Розподіл швидкостей, різні втрати тиску в коліні та вплив радіуса заокруглення свідчать, що одним із шляхів зменшення втрат тиску в коліні є зменшення вихроутворення в вищенаведених областях [1].

Для вирішення поставленої задачі запропоновано влаштування удосконаленої конструкції регулюючого пристрою з зручнообтічними виконавчими елементами [2] перед коліном. Схему влаштування регулюючого пристрою перед коліном в вентиляційній мережі з вентиляційним агрегатом та вимірювальними приладами наведено на рис. 1. Експериментальні дослідження проводились згідно методики [3].

Для дослідження втрат тиску в колі, вдавнення еластичної вставки здійснювалось із внутрішньої сторони (гострої кромки) відводу h_1 (рис.1).

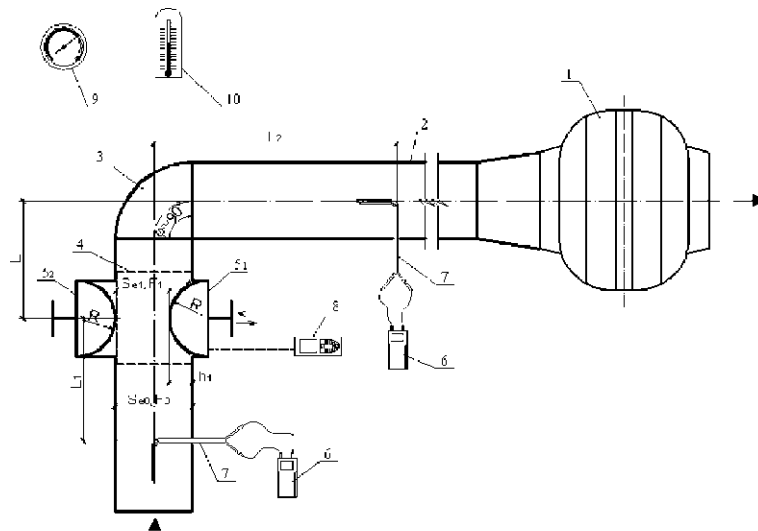


Рис. 1. Схема дослідження впливу роботи регулюючого пристрою з зручнообтічними виконавчими елементами на втрати тиску в коліні системи вентиляції:

1 - вентиляційний агрегат VKA125LD; 2 - повітропровід $\varnothing 100\text{мм}$; 3 - коліно 90° ; 4 - регулюючий пристрій; 5.1, 5.2 - зручнообтічні виконавчі елементи регулюючого пристрою; 6 - диференційний манометр TESTO 510; 7 - трубка Піто; 8 - лазерний вимірювач дистанції Leica DISTO D2; 9 - барометр-анероїд БАММ-1; 10 - термометр спиртовий.

З метою визначення оптимального вдавнення регулюючого елемента до осі регулюючого пристрою h_1 та розміщення регулюючого елемента відносно осі горизонтального повітропроводу L (рис. 1) при плануванні експерименту для визначення області, в межах якої були б реалізовані сполучення вищенаведених факторів, проведено пошукові експерименти.

При побудові математичної моделі процесу регулювання втрат тиску в коліні вентиляційної мережі виконано операцію кодування факторів у вигляді лінійного перетворення факторного простору та встановлено наступні значення рівнів факторів в умовному масштабі (табл.1) [4]. На основі проведення пошукових експериментів встановлено істинні значення факторів, які наведено в табл. 1.

Таблиця 1 Рівні факторів та інтервали варіювання

Фактори	Рівні варіювання факторів					Інтервал варіювання
	-1,414	-1	0	+1	+1,414	
x_1 - розташування регулюючого елемента щодо горизонтальної осі повітропроводу, м (L)	0,159	0,163	0,167	0,171	0,175	$\pm 0,004$
x_2 - розташування регулюючого елемента щодо вертикальної осі повітропроводу, м (h_1)	0	0,008 25	0,0165	0,02475	0,033	$\pm 0,00825$

З метою проведення повнофакторного експерименту складено матрицю планування експерименту для функції відгуку Δp_k - втрати тиску в коліні та

отримано рівняння регресії згідно багатфакторного експерименту для кодованих значень

$$\Delta p_k = 80,22 + 1,405x_1 - 0,905x_2 + 1,25x_1x_2 + 0,32x_1^2 + 0,178x_2^2. \quad (1)$$

При цьому дисперсія відтворюваності $S_{\text{відт}}^2 = 0,7$; дисперсія адекватності $S_{\text{відт}}^2 = 1,25$; критерій Фішера $F=1,79 < [F]=3,41$, отже регресійна модель (1) адекватна. Коефіцієнт кореляції $R^2 = 0,82$.

Після відкидання сполучення факторів, які обумовлені умовою порівняння розрахункового значення критерію Стюдента $|t_i|$ з критичним, і при умові $|t_i| \leq |t|$ і-й коефіцієнт регресії вважався незначним, рівняння регресії (1) в кодованих значеннях має вигляд

$$\Delta p_k = 80,22 + 1,405x_1 - 0,905x_2 + 1,25x_1x_2. \quad (2)$$

Для дійсних значень факторів рівняння регресії (2) для функції Δp_k має вигляд, Па

$$\Delta p_k = 127,82 + 273,69x_1 - 6435,48x_2 + 37878,7x_1x_2. \quad (3)$$

Для зручності оцінювання втрати тиску в залежності від факторів впливу $\Delta p_k = f(x_1, x_2)$ побудовано поверхню відгуку (рис.2).

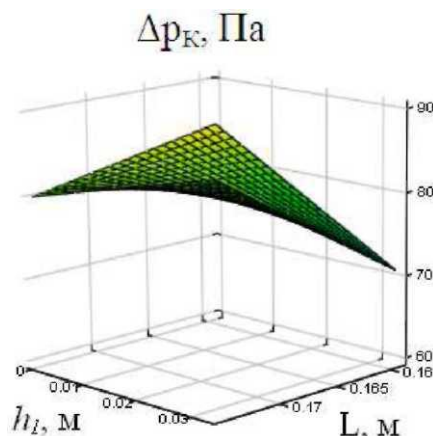


Рис. 2. Поверхня відгуку функції Δp_k в залежності від параметрів оптимізації в площині їх дійсних значень $\Delta p_k = f(h_1, L)$

Аналіз поверхні відгуку свідчить, що найменші втрати тиску в коліні досягались внаслідок зближення виконавчого елемента до осі регулюючого пристрою на величину $h_1 = 0,033\text{м}$ та при розміщенні виконавчого елемента відносно осі горизонтального повітропроводу на величину $L = 0,159\text{м}$. А найбільші втрати тиску в коліні досягались при $h_1 = 0\text{ м}$, тобто при відсутності процесу регулювання. Розбіжність втрат тиску в коліні обумовлюється впливом зручнообтічного виконавчого елемента на зменшення вихроутворення в коліні, ділянки яких показано на (рис.1, а).

При проведенні експерименту було виявлено, що найбільш суттєвий вплив з двох факторів має фактор x_2 (h_1) - розташування виконавчого елемента щодо вертикальної осі повітропроводу. Вплив фактору x_1 (L) на втрати тиску в коліні без наявності фактору x_2 (h_1) втрачає сенс, так як відсутність фактору впливу x_2 (h_1) обумовлює відсутність процесу регулювання. Побудована графічна залежність Δp_k від h_1 (рис. 3).

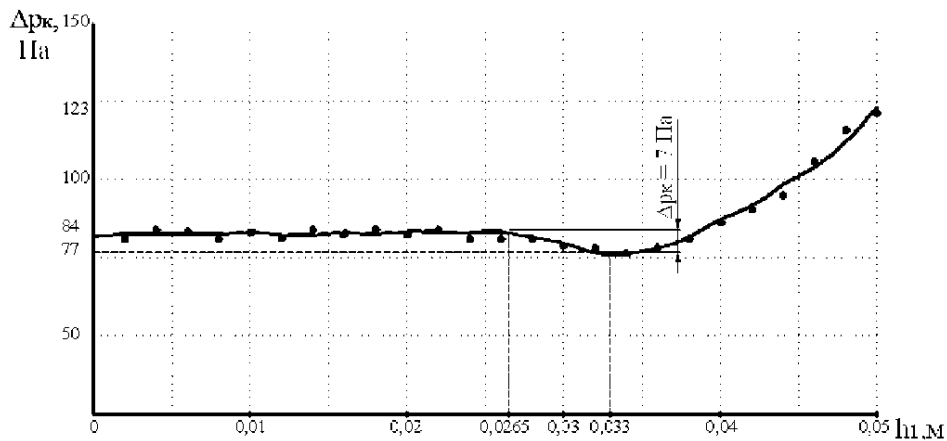


Рис. 3. Залежність втрат тиску в коліні Δp_K від степені зближення регулюючого елементу h_l регулюючого пристрою до його осі

Аналіз графіка свідчить, що при степені зближення регулюючого елементу до осі регулюючого пристрою $h_l = 0 \div 0,0265$ м втрати тиску в коліні коливаються в межах $\Delta p_K = 82 \div 84$ Па. При подальшому зближенні регулюючого елементу до осі регулюючого пристрою втрати тиску поступово зменшуються і досягають найменшого значення $\Delta p_{Kmin} = 77$ Па при $h_{lmin} = 0,033$ м. При $h_l > 0,033$ м втрати тиску різко зростають і при досягненні регулюючим елементом осі регулюючого пристрою $h_l = 0,05$ м, втрати тиску досягають 123Па.

Висновки

1. Результати дослідження свідчать про можливість застосування регулюючого пристрою з зручнообтічними регулюючими елементами перед коліном вентиляційної мережі для зменшення в останньому втрат тиску.

2. Отримано емпіричну залежність $\Delta p_K = f(h_l, L)$, яка може бути використана в методиці інженерного розрахунку вентиляційної мережі для досягнення енергоощадності.

Список використаних джерел

1. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. Под ред. М.О.Штейнберга. - 3-е изд., перераб. и доп. / И.Е. Идельчик -М.: Машиностроение, 1992. - 672 с.
2. Патент 52768 UA, МПК F16K 7/00, B08B 15/00. Дросельний пристрій / Степанковський Р.В., Ратушняк Г.С. - № u201002050; Заявл. 25.02.2010; Опубл. 10.09.2010, Бюл.№17.
3. Методи аэродинамических испытаний: ГОСТ 12.3.018-79. -М.: Изд-во стандартов, 1981. - 10 с.
4. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных ус-ловий / Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. -М.: Наука, 1976. - 280 с.